云 南 植 物 研 究 2006, **28** (2): 139~144
Acta Botanica Yunnanica

云南水龙骨科水龙骨亚科孢子形态的研究*

常艳芬, 王任翔, 张碧波, 陆树刚**
(云南大学生态学与地植物学研究所, 云南 昆明 650091)

摘要: 利用光学显微镜和扫描电子显微镜对云南产水龙骨科水龙骨亚科 4 属 8 种 1 变种植物的孢子进行了详细观察, 其中篦齿蕨 *Metapolypodium manmeiense* 以及扫描电镜下观察的蒙自拟水龙骨 *Polypodiastrum mengtzeense* 为首次报道。研究结果表明, 该亚科植物孢子形态较为一致, 均为单裂缝, 两侧对称, 极面观为椭圆形, 赤道面观为豆形, 具周壁或不具周壁, 外壁正面观均为较整齐的疣状纹饰。本文还就孢子形态及其与该亚科植物的系统分类和演化关系进行了讨论, 为水龙骨科的系统分类及孢粉学研究提供了资料。

关键词: 孢子形态; 水龙骨科水龙骨亚科; 云南
中图分类号: Q 944　　文献标识码: A　　文章编号: 0253-2700(2006)02-139-06

Study on the Spore Morphology of Subfam. Polypodioideae (Polypodiaceae) in Yunnan, China

CHANG Yan-Fen, WANG Ren-Xiang, ZHANG Bi-Bo, LU Shu-Gang**
(*Institute of Ecology and Geobotany*, *Yunnan University*, Kunming 650091, China)

Abstract: The spores of 8 species and 1 variety belonging to 4 genera of Polypodiaceae subfam. Polypodioideae in Yunnan, China were examined under LM and SEM. Of the species it is the first time to study the spores of *Metapolypodium manmeiense* and *Polypodiastrum mengtzeense* under SEM. The results show that the spores of this subfam. Polypodioideae are morphologic uniform; they are monolete, bilaterally symmetric, ellipsoidal in polar view, bean-shaped in equatorial view, and with or without perispore. The surface ornamentation is regularly verrucate. In addition, the relationship of the spore morphology and taxonomy in Polypodiaceae subfam. Polypodioideae was discussed in this paper, providing more informative data for the systematics and palynology of Polypodiaceae.

Key words: Spore morphology; Polypodiaceae subfam. Polypodioideae; Yunnan

水龙骨亚科 Subfam. Polypodioideae 是蕨类植物水龙骨科 Polypodiaceae 下的一个亚科 (秦仁昌, 1978), 约 50 余种 (吴兆洪和秦仁昌, 1991)。按照秦仁昌 1978 年的系统, 水龙骨亚科包括: 多足蕨属 *Polypodium*、篦齿蕨属 *Metapolypodium*、水龙骨属 *Polypodiodes*、拟水龙骨属 *Polypodiastrum* 和棱脉蕨属 *Schellolepis* 5 个属。在中国, 该亚科植物共有 19 种 5 个变种 (林尤兴等, 2000); 云南有 14 种 (成晓等, 2005), 分布于亚洲大陆热带和亚热带地区。

关于本亚科的孢粉学研究, 国内外许多学者都做了一定的工作 (张玉龙等, 1976; Huang, 1980; Lloyd, 1981; Tryon and Lugardon, 1991), 但篦齿蕨属一直未见报道。本文就云南产 4 属 8 种 1 变种水龙骨亚科植物的孢子进行了光镜及扫描电镜观察, 其中篦齿蕨 *Metapolypodium*

* 基金项目: 国家自然科学基金项目 (项目编号: 30370116) 资助 (Supported by the National Natural Science Foundation of China (Grant No. 30370116))
** 通讯作者: Author for correspondence. E-mail: shuganglu@163.com
收稿日期: 2005-07-15, 2005-10-17 接受发表
作者简介: 常艳芬 (1980-) 女, 云南蒙自人, 硕士研究生, 从事植物系统分类学研究。E-mail: mia_chang@126.com

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

manmeiense 以及扫描电镜下观察的蒙自拟水龙骨 *Polypodiastrum mengtzeense* 均为首次报道, 旨在进一步为水龙骨科的系统分类及孢粉学研究提供资料。

1 材料和方法

本文所观察水龙骨亚科植物的孢子均采自野外, 凭证标本保存于云南大学植物标本馆 (PYU), 详细资料见表 1。孢子大小在光学显微镜下测得, 每种测量 20 个孢子极轴和赤道轴数值, 取其平均值, 并给出变异幅度。扫描电子显微镜所用材料制作方法是: 将未经任何处理的自然干燥的孢子直接均匀地撒在贴有透明双面胶的样品台上, 经喷金后置于 HITACHI S-450 型扫描电子显微镜下观察并拍照。孢子的形态描述参照 Tryon and Lugardon (1991) 所使用的术语。

表 **1** 材料来源

Table 1 Origin of materials

种名 Species	凭证标本 Vouchers	图版 Plate
篦齿蕨 *Metapolypodium manmeiense* (Christ) Ching	Lijiang, Yunnan (云南丽江) S. G. Lu (陆树刚) 31803 (PYU)	图版iv: 1~ 3
蒙自拟水龙骨 *Polypodiastrum mengtzeense* (Christ) Ching	Pingbian, Yunnan (云南屏边) S. G. Lu (陆树刚) 31804 (PYU)	图版iv: 4~ 6
穴果棱脉蕨 *Schellolepis subauriculata* (Blume) J. Sm.	Xishuangbanna, Yunnan (云南西双版纳) S. G. Lu (陆树刚) 31811 (PYU)	图版iv: 7~ 9
假友水龙骨 *Polypodiodes subamoena* (C. B. Clarke) Ching	Lijiang, Yunnan (云南丽江) S. G. Lu (陆树刚) 31808 (PYU)	图版iv: 10~ 12
友水龙骨 *P. amoena* (Wall. ex Mett.) Ching	Pingbian, Yunnna (云南屏边) S. G. Lu (陆树刚) 31801 (PYU)	图版㈦: 13~ 15
光茎水龙骨 *P. wattii* (C. B. Clarke ex Baker) Ching	Gongshan, Yunnan (云南贡山) S. G. Lu (陆树刚) 31802 (PYU)	图版㈦: 16~ 17
栗柄水龙骨 *P. microhizoma* (C. B. Clarke ex Baker) Ching	Jingdong, Yunnan (云南景东) S. G. Lu (陆树刚, 徐成东) 31807 (PYU)	图版㈦: 18~ 19
友水龙骨 *P. amoena* (Wall. ex Mett.) Ching	Emei, Sichuan (四川峨嵋) S. G. Lu (陆树刚) 31806 (PYU)	图版㈦: 20~ 21
柔毛水龙骨 *P. amoena* (Wsll. ex Mett.) Ching var. *pilosa* (C. B. Clarke) Ching	Yuanjiang, Yunnan (云南元江) S. G. Lu (陆树刚) 31812 (PYU)	图版㈦: 22~ 24

2 观察结果

2.1 篦齿蕨属 *Metapolypodium* Ching

本属植物仅一种, 分布于亚洲大陆南部热带、亚热带山地。我国四川和云南有分布 (林尤兴等, 2000)。

篦齿蕨 *Metapolypodium manmeiense* (Christ) Ching, 图版iv: 1~ 3

孢子两侧对称, 极面观为椭圆形, 赤道面观为豆形。孢子大小为 21.6 (17.6~ 25.5) × 39.7 (34.6~ 44.6) μm。具较窄和隆起的单裂缝, 裂缝长度约为孢子长度的 2/3。孢子不具周壁, 外壁轮廓线为较平的波浪形, 正面观为较整齐的疣状纹饰, 其大小为 1.5~ 3 μm。

2.2 拟水龙骨属 *Polypodiastrum* Ching

本属植物约 8 种, 分布于亚洲热带、亚热带山地及大洋州。中国有 3 种 2 变种, 产云南、西藏、四川、贵州、广西、广东和台湾, 3 种 2 变种在云南都有分布 (林尤兴等, 2000)。

蒙自拟水龙骨 *Polypodiastrum mengtzeense* (Christ) Ching, 图版iv: 4~ 6

孢子两侧对称, 极面观为椭圆形, 赤道面观为豆形。孢子大小为 28.2 (25.0~ 31.3) × 50.5 (41.5~ 56.9) μm。具单裂缝, 裂缝两端具明显的加厚现象, 裂缝长度约为孢子长度的 3/4。孢子具一层透明的光滑周壁, 周壁脱落后可见外壁整齐的疣状纹饰, 疣较大, 为 3~ 7 μm。

2.3 棱脉蕨属 *Schellolepis* J. Sm

本属植物约 20 种, 分布于亚洲热带地区。中国有 2 种, 云南和海南各有 1 种分布 (林尤兴等, 2000)。

穴果棱脉蕨 *Schellolepis subauriculata* (Blume) J. Sm., 图版iv: 7~ 9

孢子两侧对称, 极面观为椭圆形, 赤道面观基本为豆形。孢子大小为 26.2 (23.5~ 34.3) × 41.8 (36.3~ 49.1) μm。具隆起的单裂缝, 裂缝长度约为孢子长度的 3/4。孢子具周壁, 周壁有部分形成翅状褶皱, 透过周壁可见外壁也为疣状纹饰, 疣的大小为 2~ 4 μm。

2.4 水龙骨属 *Polypodiodes* Ching

本属植物约 16 种, 分布于亚洲大陆热带、亚热带山地, 主产喜马拉雅山地区。中国有 11 种 3 变种, 分布于西南、华南、华中、华北、东达台湾, 云南有 9 种 3 变种 (林尤兴等, 2000)。

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

假友水龙骨 *Polypodiodes subamoena* (C. B. Clarke) Ching，图版iv：10~ 12

孢子两侧对称，极面观为椭圆形，赤道面观为豆形。孢子大小为 26.3 (19.5~ 40.0) × 44.2 (34.3~ 60.0) μm，不具周壁，具隆起明显的裂缝线，长度约为孢子长度的 3/4 或更长。外壁具较整齐的疣状纹饰，疣大小为 1.5~ 3 μm。

友水龙骨 *P. amoena* (Wall. ex Mett.) Ching 采自云南省屏边县大围山，图版㊆：13~ 15

孢子大小为 27.8 (21.4~ 35.0) × 45.3 (39.7~ 52.5) μm。特征基本同上，唯裂缝线较短，约为孢子长度的 3/4。

光茎水龙骨 *P. wattii* (C. B. Clarke ex Baker) Ching，图版㊆：16~ 17

孢子大小为 27.64 (22.5~ 33.1) × 51.0 (48.4~ 56.5) μm。特征基本同上，但疣较平，使外壁看起来比较平坦，裂缝线也较短，约为孢子长度的 1/2 或更长。

栗柄水龙骨 *P. microhizoma* (C. B. Clarke ex Baker) Ching，图版㊆：18~ 19

孢子大小为 21.9 (17.2~ 27.6) × 41.5 (35.9~ 46.9) μm。具明显隆起的单裂缝，裂缝两端稍微具有加厚现象，但是不明显，裂缝长度约为孢子长度的 3/4。孢子具一层很薄的周壁，周壁易脱落，脱落后可见外壁较整齐的疣状纹饰，疣大小为 1.5~ 3 μm。

友水龙骨 *P. amoena* (Wall. ex Mett.) Ching 采自四川省峨嵋山，图版㊆：20~ 21

孢子大小为 22.6 (19.2~ 27.3) × 40.0 (36.4~ 44.4) μm。特征基本同上，周壁也易脱落，但裂缝两端不具加厚现象。

柔毛水龙骨 *P. amoena* (Wall. ex Mett.) Ching var. *pilosa* (C. B. Clarke) Ching，图版㊆：22~ 24

孢子大小为 25.7 (21.9~ 31.3) × 44.6 (37.9~ 51.0) μm。特征基本同上述友水龙骨，唯裂缝线较短。

3　讨论

3.1　云南水龙骨科水龙骨亚科植物的孢子形态

观察结果表明，云南产水龙骨科水龙骨亚科植物的孢子均为两侧对称，极面观为椭圆形，赤道面观基本为豆形。极轴长为 21.6~ 28.2 μm，赤道轴长为 39.7~ 51.0 μm。单裂缝，其长度约为孢子全长的 2/3~ 3/4，少数为孢子全长的 1/2。外壁正面观均为较整齐的疣状纹饰。根据孢子具周壁和不具周壁可以将本亚科植物的孢子形态分为以下两种类型：

类型 iv　不具周壁。在本文观察的 4 属 8 种 1 变种中，只有篦齿蕨属的种类完全不具有周壁，而水龙骨属的种类可以明显的分为具周壁和不具周壁的类型。在本文所观察的水龙骨属的 4 种 1 变种植物中，光茎水龙骨和假友水龙骨不具有周壁；栗柄水龙骨和友水龙骨的变种柔毛水龙骨明显具有一层薄的周壁；而友水龙骨则由于产地的不同而呈现出不同的类型，其中产于四川峨眉山的友水龙骨具有周壁，而产于云南屏边大围山的友水龙骨不具有周壁。这种差异可能是由于产地的不同，也可能是友水龙骨孢子的周壁比较容易脱落，在孢子成熟后期周壁就完全脱落了。

水龙骨属种类的孢子特征除了其中几个种具周壁，以及裂缝线较短和体积较大外，其他特征均与篦齿蕨属类似，两属植物的孢子外壁均有较整齐的疣状纹饰，疣的大小也基本相同 (图版 iv：2，图㊆：14)，均为 1.5~ 3 μm。由此可见，同其他两属植物的孢子相比，篦齿蕨属与水龙骨属植物的孢子形态特征最为相似。

类型㊆　具有发达或较薄的周壁。由上文可见，水龙骨属的物种也有具周壁的类型，但周壁都很薄且容易脱落，而拟水龙骨属和棱脉蕨属植物的孢子均具有发达的周壁，拟水龙骨属植物的周壁比较透明，透过周壁可以清楚的看见孢子外壁上整齐的疣状纹饰 (图版iv 5~ 6)。而棱脉蕨属植物的周壁形成翅状褶皱 (图版iv 7~ 8)，而且，拟水龙骨属植物的孢子裂缝两端具明显的加厚现象。两属植物的孢子周壁脱落后，外壁均呈现与水龙骨属、篦齿蕨属基本一致的疣状纹饰。

3.2　孢子形态及其与本亚科植物的系统分类和演化关系

据《中国蕨类植物科属志》(吴兆洪和秦仁昌，1991) 的记载，水龙骨科植物共有约 40 余属，500 种。在中国，该科植物共有 25 属，272 种 (林尤兴等，2000)，孢子均为两侧对称，椭圆形或长椭圆形，周壁或外壁有各种纹饰或光滑 (张玉龙等，1976)。其中，水龙骨亚科 5 个属的

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

孢子均以较整齐的疣状纹饰为其主要特征（张玉龙等，1976；Huang，1980；Tryon and Lugardon，1991）。本文通过所作的观察研究也得出与此相一致的结果。

据Tryon and Lugardon（1991）和张玉龙等（1976）的报道，多足蕨属孢子不具周壁，外壁具疣状纹饰，疣较大，均超过10 μm（张玉龙等，1976），在孢子末梢和接近裂缝处的外壁表面疣状纹饰明显较小，一般在5 μm以下。根据本文研究的结果，篦齿蕨属的孢子不具周壁，水龙骨属的孢子也有不具周壁的类型，两属植物的孢子外壁均为较整齐的疣状纹饰，孢子的疣也较小，直径都只有1.5～3 μm，较之其他3个属，篦齿蕨属与水龙骨属的孢子形态特征最为相似。吴兆洪和秦仁昌（1991）认为，篦齿蕨属最近多足蕨属，但从本文研究结果及上述分析来看，篦齿蕨属与水龙骨属的亲缘关系较近，反而与多足蕨属较疏远。所以，篦齿蕨属与水龙骨属可能存在较近的亲缘关系。

从本文研究的结果来看，蒙自拟水龙骨 *Polypodiastrum mengtzeense* 的孢子明显具有一层比较发达的周壁，孢子裂缝线长度约为孢子全长的3/4，这与《中国蕨类植物孢子形态》(张玉龙等，1976）一书所述不同，其研究结果认为，蒙自拟水龙骨不具周壁，孢子裂缝线长度为孢子长度的1/2或更短。

根据本文的研究结果，我们赞成秦仁昌1978年的分类系统，即分别承认多足蕨属 *Polypodium*、篦齿蕨属 *Metapolypodium*、水龙骨属 *Polypodiodes*、拟水龙骨属 *Polypodiastrum* 和棱脉蕨属 *Schellolepis* 为独立的分类群。

致谢　承蒙四川大学生命科学学院电镜室各位老师给以实验帮助和悉心指导；云南大学朱维明教授提供部分文献资料；李建伟博士（Dr. Jianwei (Jerry) Li in Institute for Genomic Research at Rockville，Maryland 20850 of USA）修改英文摘要；评阅人对本文提出宝贵的修改意见和建议。

〔参　考　文　献〕

成晓，武素功，陆树刚等，2005. 云南植物志（第21卷）[M]. 北京：科学出版社，361—392

张玉龙，席以珍，张金谈等，1976. 中国蕨类植物孢子形态 [M]. 北京：科学出版社，347—348，359—365

吴兆洪，秦仁昌，1991. 中国蕨类植物科属志 [M]. 北京：科学出版社，525—533

林尤兴，陆树刚，张宪春等，2000. 中国植物志（第6卷第2分册）[M]. 北京：科学出版社，156—218

Ching RC（秦仁昌），1978. The Chinese fern families and genera: systematic arrangement and historical origin [J]. *Acta Phytotax Sin*（植物分类学报），**16**（3）：1—19；**16**（4）：16—37

Huang Tseng-Ching，1980. Spore Flora of Taiwan [M]. Taibei: National Taiwan University，40—45

Lloyd RM，1981. The perispore in *Polypodium* and related genera (Polypodiaceae) [J]. *Can J Bot*，**59**：175—189

Tryon AF，Lugardon B，1991. Spore of the Pteridophyta [M]. New York: Springer-Verlag，344—351

图版说明

图版Ⅰ　1～3. 篦齿蕨；4～6. 蒙自拟水龙骨；7～9. 穴果棱脉蕨；10～12. 假友水龙骨（1，2，9. ×1400；4，5，7，8，10，11. ×1050；3，6，12. ×3500）

图版Ⅱ　13～15. 友水龙骨；16～17. 光茎水龙骨；18～19. 栗柄水龙骨；20～21. 友水龙骨；22～24. 柔毛水龙骨（13，14，19，20，21，22，23. ×1050；16，18. ×1400；15，17，24. ×3500）

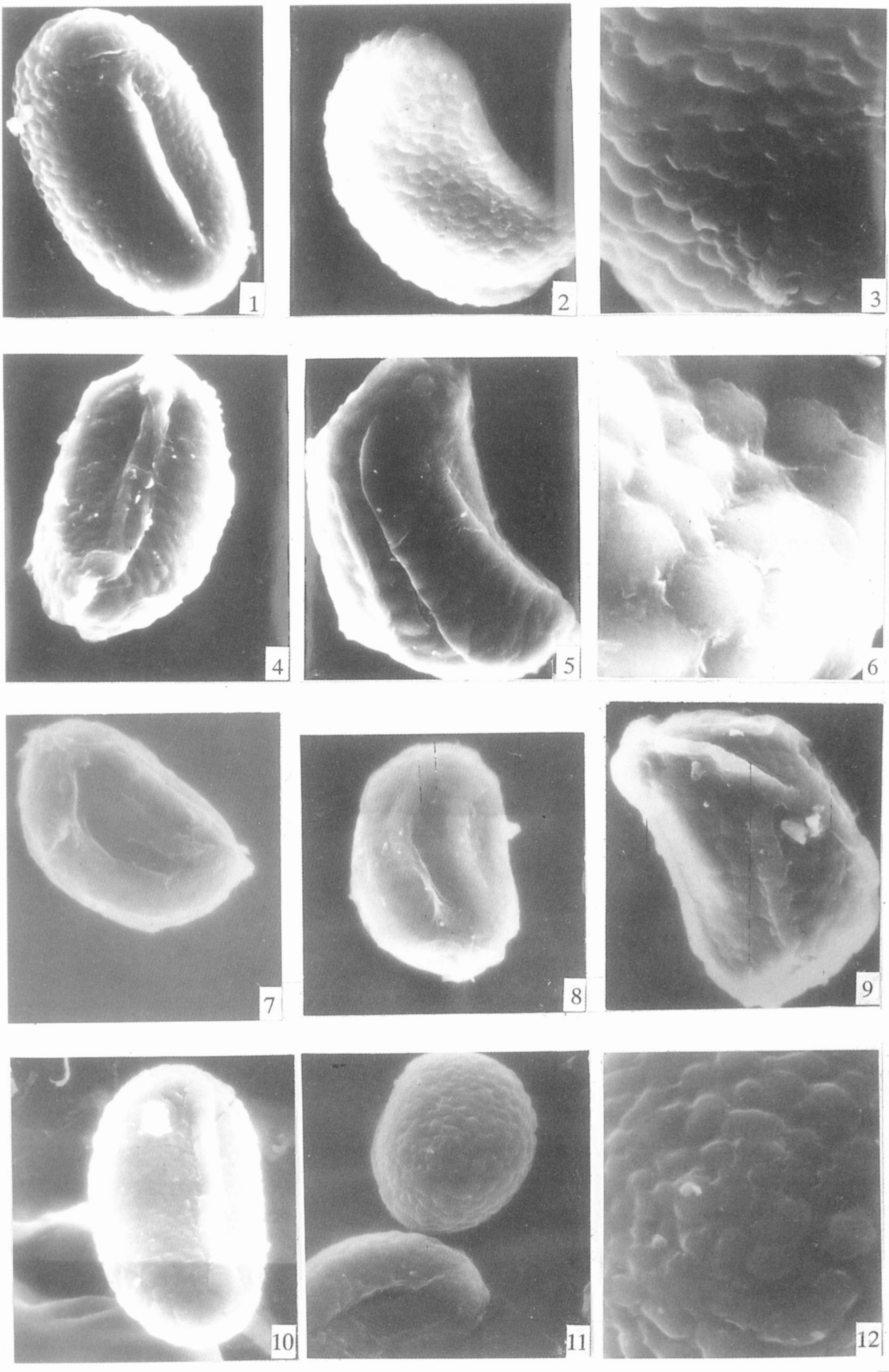
Explanation of Plate

Plate ⅳ　1–3. *Metapolypodium manmeiense* (Christ) Ching; 4–6. *Polypodiastrum mengtzeense* (Christ) Ching; 7–9. *Schellolepis subauriculata* (Blume) J. Sm.; 10–12. *Polypodiodes subamoena* (C. B. Clarke) Ching (1, 2, 9. ×1400; 4, 5, 7, 8, 10, 11. ×1050; 3, 6, 12. ×3500)

Plate ㊆　13–15. *Polypodiodes amoena* (Wsll. ex Mett.) Ching; 16–17. *P. wattii* (C. B. Clarke ex Baker) Ching; 18–19. *P. microhizoma* (C. B. Clarke ex Baker) Ching; 20–21. *P. amoena* (Wsll. ex Mett.) Ching; 22–24. *P. amoena* (Wsll. ex Mett.) Ching var. *pilosa* (C. B. Clarke) Chng (13, 14, 19, 20, 21, 22, 23. ×1050; 16, 18. ×1400; 15, 17, 24. ×3500)

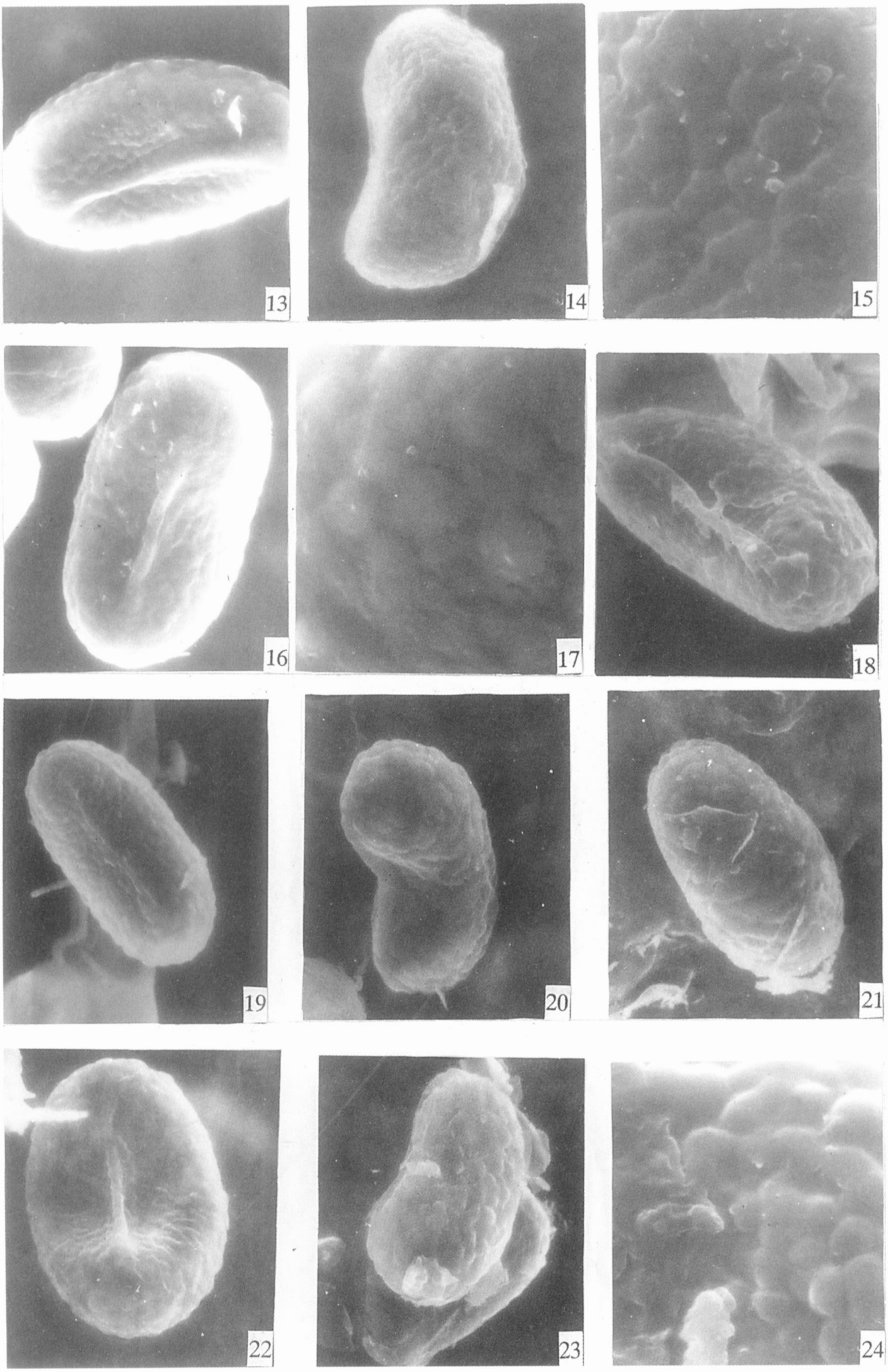
© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

常艳芬等：图版 iv　　　　CHANG Yan-Fen *et al*：Plate iv



© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

常艳芬等: 图版㊆ CHANG Yan-Fen *et al*: Plate ㊆



© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net